

*Vous écrirez votre numéro d'anonymat sur chaque feuille rendue.*

On rappelle les relations relatives aux éléments filetés de diamètre nominal  $d$  et de pas  $p$ .  
Le diamètre équivalent est calculé par :

$$d_{eq} = d - 0.9382p$$

Dans une liaison hélicoïdale de coefficient de frottement  $f$ , le couple axial  $C_1$  est relié à la force axiale  $F_0$  par :

$$C_1 = F_0 \left( \frac{p}{2\pi} + \frac{fd_2}{2 \cos \beta} \right) \quad \text{où } \beta = 30^\circ \quad \text{et } d_2 = d - 0.6495p$$

On s'intéresse à un accouplement rigide présenté sur les FIG. 2 et FIG. 3.

L'arbre (3) est relié au plateau (1) de cet accouplement par une clavette (5). De la même manière, l'arbre (4) est relié au plateau (2) de cet accouplement. Ces 2 plateaux sont positionnés l'un dans l'autre grâce à l'ajustement du diamètre  $D_i$ . Ces 2 plateaux sont fixés l'un sur l'autre grâce aux 6 boulons M8\*1.25 (pièces (6), (7) et (8)) de classe de qualité 3.6.

Le coefficient d'adhérence entre les pièces (1) et (2) est  $f = 0.1$ .

On donne  $D_i = 110$  et  $D_e = 200$ .

Le coefficient de frottement entre la vis et l'écrou ainsi qu'entre la vis et les rondelles (et entre les rondelles et les pièces assemblées) est également  $f = 0.1$ .

Le diamètre des arbres (3) et (4) est  $d = 25$ .

L'acier de ces arbres possède la limite élastique  $R_e = 450$  MPa.

On considère que ces arbres ne subissent qu'une sollicitation de torsion. La rainure de clavette engendre une concentration de contrainte en cisaillement dû au moment de torsion donnée par la FIG. 8.

La longueur des clavettes usuelles (5) est  $L = 20$ .

- 1) Complétez la FIG. 7 en précisant les valeurs des cotes. Pour un couple sur les arbres de  $C = 100$  N.m, calculez la pression conventionnelle subit par ces clavettes. .... [3]
- 2) Dans les documents fournis, relevez le rayon  $R$  en fond de rainure de clavette qui engendre le moins de concentration de contrainte.  
Pour ce rayon  $R$ , déterminez le coefficient de concentration de contrainte en torsion  $K_{t0}$ .  
Déterminez le couple maxi sur les arbres (3) et (4) ; On souhaite un coefficient de sécurité  $s = 1.5$ . [2.5]
- 3) Calculez la force axiale qui doit exister entre les 2 plateaux (1) et (2) pour transmettre le couple  $C = 100$  N.m par adhérence au niveau de la surface en forme de couronne entre ces 2 plateaux. Quelle doit être alors la force axiale minimum à appliquer à chaque vis? .... [2.5]
- 4) Calculez les diamètres  $d_2$  et  $d_{eq}$  des vis. .... [0.75]
- 5) Etablissez l'équation entre la contrainte équivalente de Von-Mises et l'effort axial dans la vis  $\sigma_{eq} = K F_0$  et calculez numériquement  $K$ . Déterminez alors la force maximum  $F_0$  supportable par les vis. .... [3]
- 6) Dans les documents fournis, relevez les cotes de la surface de contact entre l'écrou (7) et une rondelle (8) ; En déduire le rayon d'action au niveau de cette surface. .... [0.75]

7) On choisit d'appliquer l'effort axial  $F_0 = 3500$  N dans chaque vis.  
 Calculez le couple axial  $C_1$  dans la liaison hélicoïdale entre l'écrou (7) et la vis (6).  
 Calculez le couple axial  $C_2$  dans la liaison appui-plan entre l'écrou (7) et une rondelle (8).  
 En déduire le couple de serrage  $C_s$  des boulons.  
 Calculez alors les contraintes de traction, de cisaillement et équivalente dans la vis ainsi que le coefficient de sécurité. .... [3.5]

8) Précisez la cotes de l'ajustement au niveau du diamètre  $D_i$  qui est 110H8g7. Précisez la valeur des jeux maxi et mini et indiquez s'il s'agit d'un jeu ou d'un serrage. .... [1.5]

9) Citez précisément le nom des pièces visibles sur les photos du TAB. 1 qui sera rendu avec la copie.  
 Pour la 4<sup>ème</sup> photo, comment sera reliée la pièce à l'arbre? En d'autres termes, précisez le nom de l'usinage réalisé dans cette pièce au niveau de la future liaison avec l'arbre. .... [2.5]

Caractéristiques mécaniques des vis et goujons en fonction de leur classe de qualité (d'après norme NF E 27-005).													
Caractéristique mécanique contrôlée	Classe de qualité des vis et goujons												
	Qualité HR												
	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9	
Résistance à la traction $R_m$ (en MPa)	min	333	392	490	588	784	980	1176	1372				
	max	480	539	686	784	980	1176	1372	1568				
Dureté Brinell HB	min	90	110	140	170	225	280	330	390				
	max	150	170	215	245	300	365	425					
Dureté Rockwell	min	HRB	49	62	77	88	-						
		HRC							18	27	34	40	
	max	HRB	82	88	97	102	-						
		HRC							31	38	44	49	
Limite apparente d'élasticité $R_e$ (en MPa) min		196	235	313	294	392	352	470	-				
Limite conventionnelle d'élasticité $R_{p0.2}$ (en MPa) min		-						529	627	882	1058	1234	
Résistance à la charge d'épreuve (en MPa)		184	221	285	276	356	332	428	465	570	776	931	1087
Allongement pour-cent après rupture $A$ : min		25	25	14	20	10	16	8	12	12	9	8	7
Résistance à la traction avec cale biaise		Pour vis entières: valeurs correspondant aux valeurs minimales de résistance à la traction.											
Résilience KCU à + 20 °C (en daJ/cm <sup>2</sup> ) min		-						6	4	3	3		
Ténacité de la tête		Aucune rupture.											
Décarburation		(en cours d'étude à l'ISO).											

FIG. 1 – Caractéristiques des éléments filetés suivant leur classe de qualité.

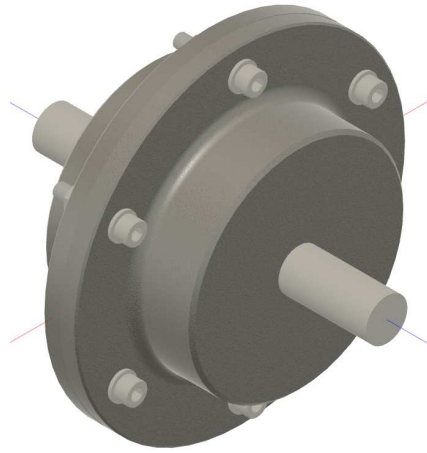


FIG. 2 – Vue en perspective de l'accouplement rigide.

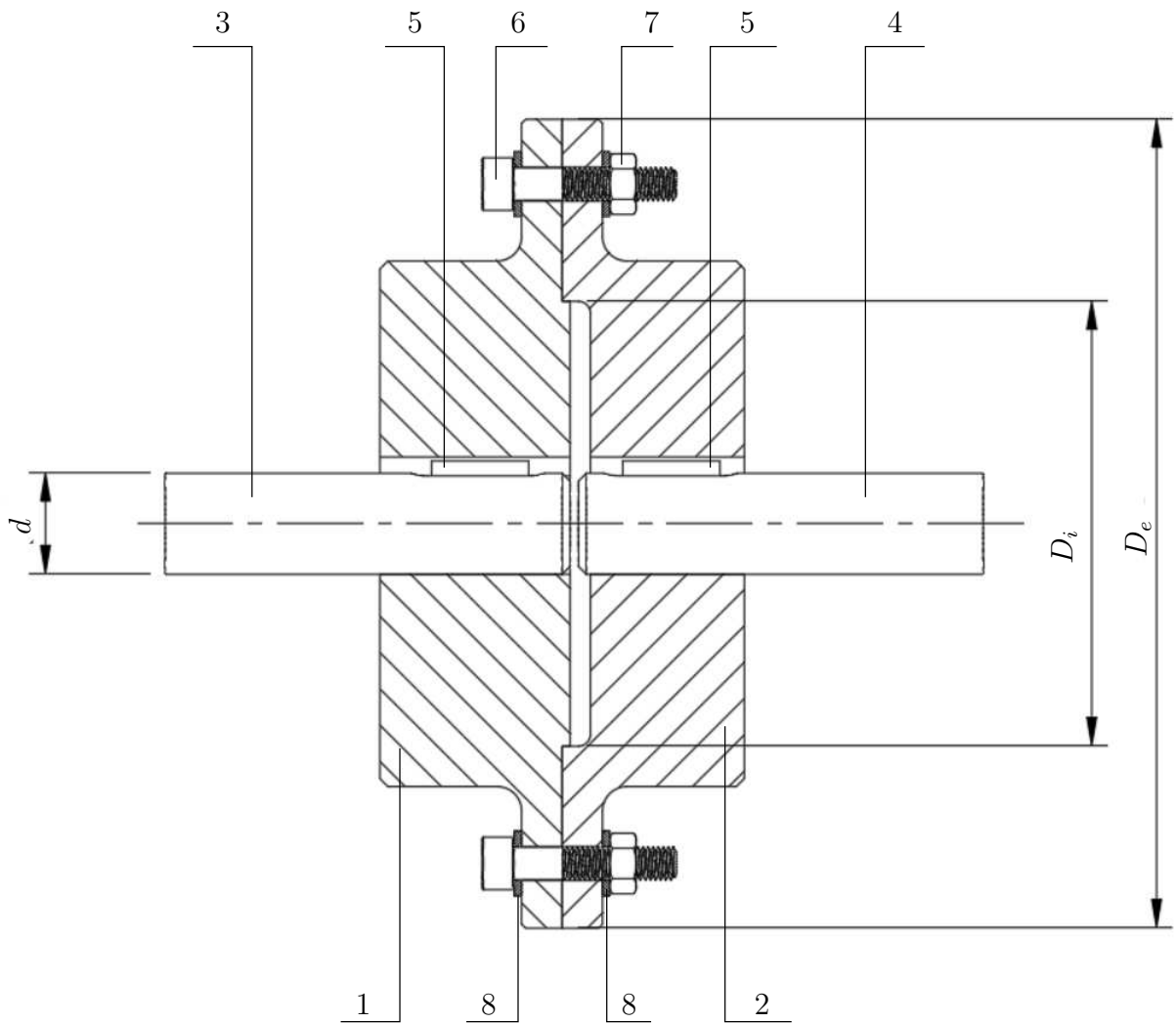


FIG. 3 – Vue en coupe de l'accouplement rigide.

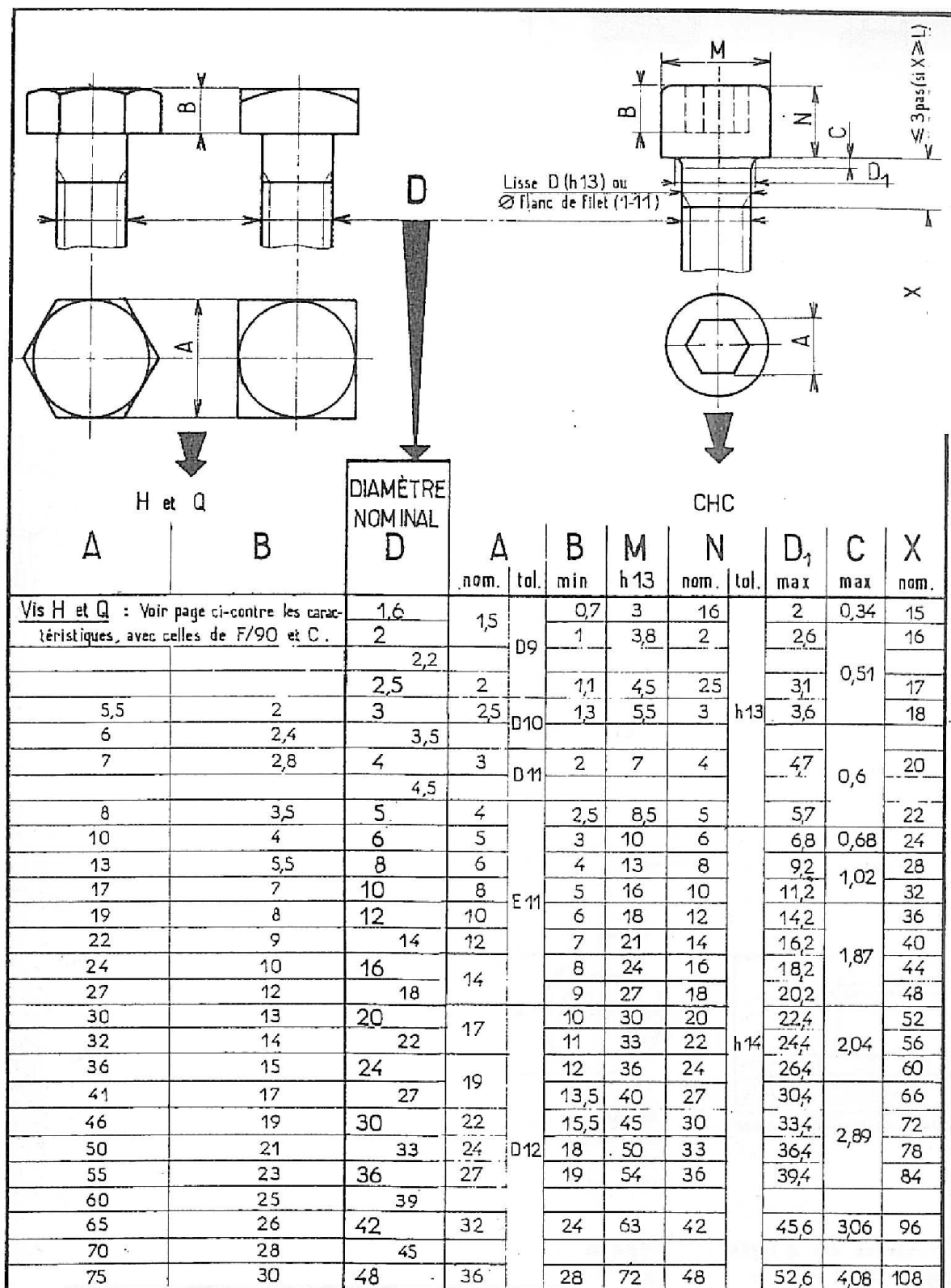


FIG. 4 – Dimensions de vis.

# CLAVETTES PARALLÈLES

3.42b

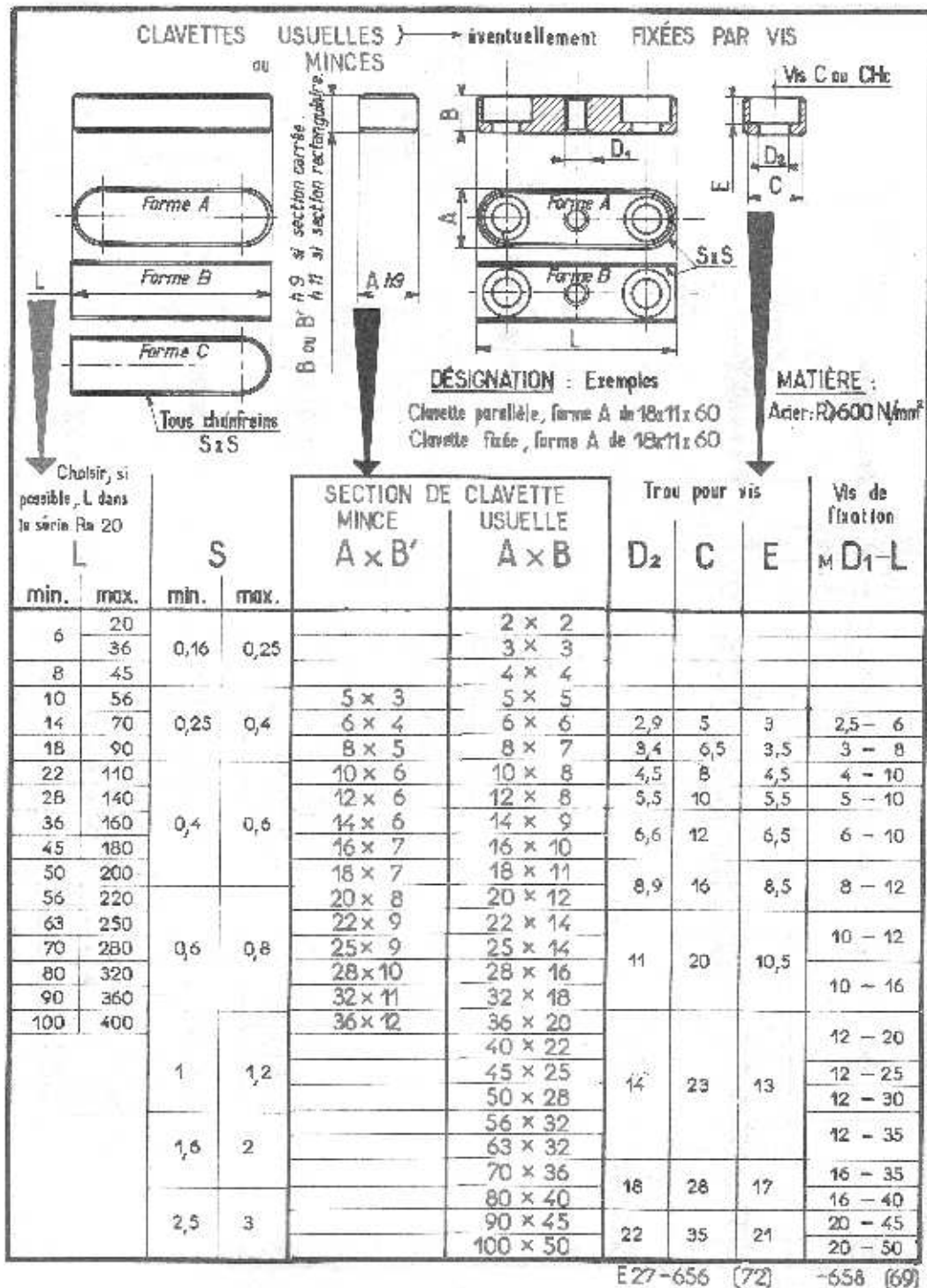


FIG. 5 - Dimensions des clavettes.

# CLAVETAGES LONGITUDINAUX

## 3.41

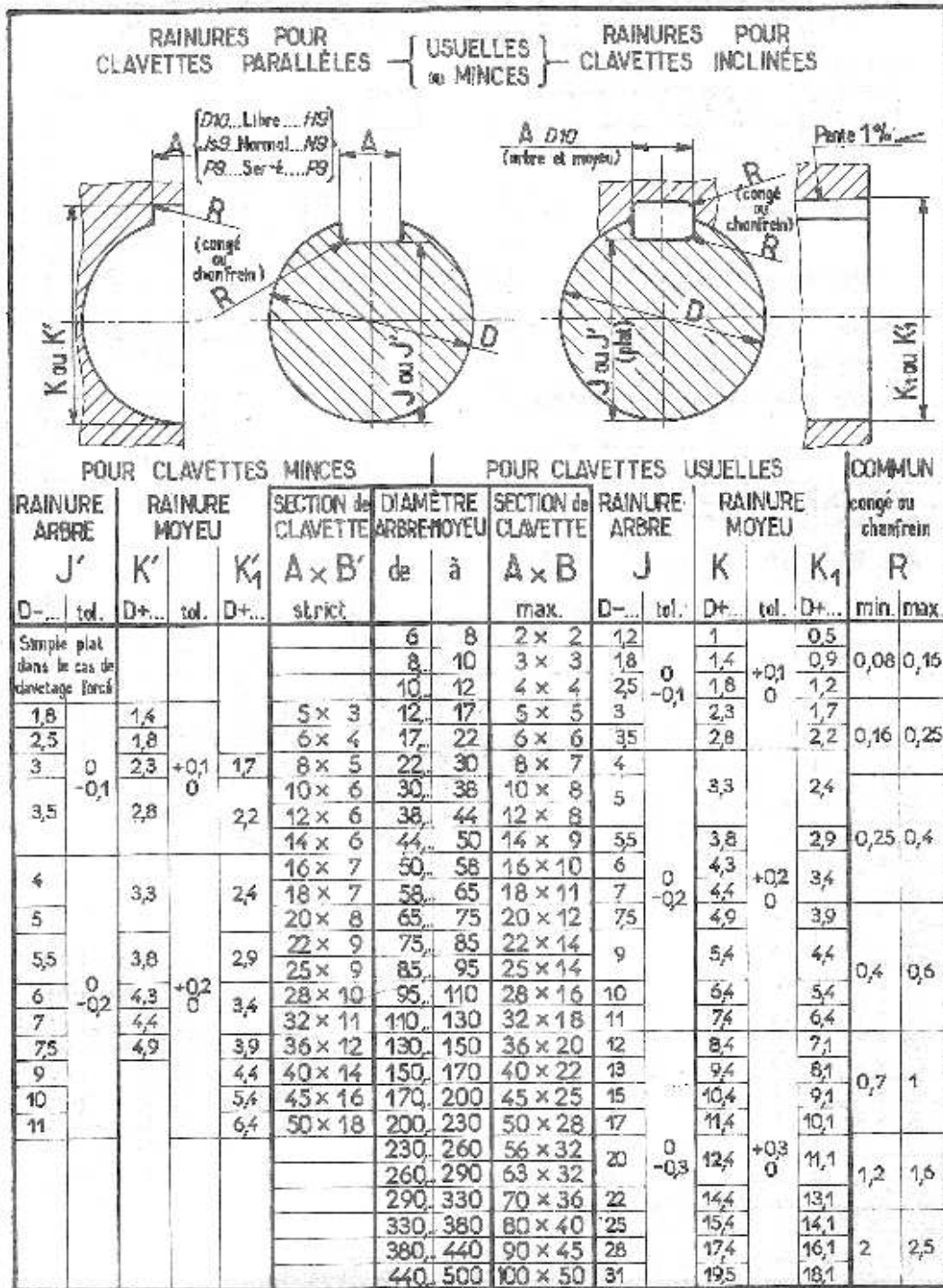


FIG. 6 - Dimensions des clavetages.

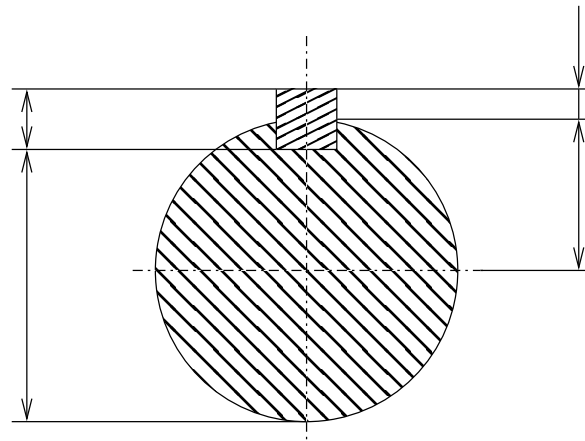


FIG. 7 – Vue en coupe d'un des 2 arbres et de sa clavette à compléter.

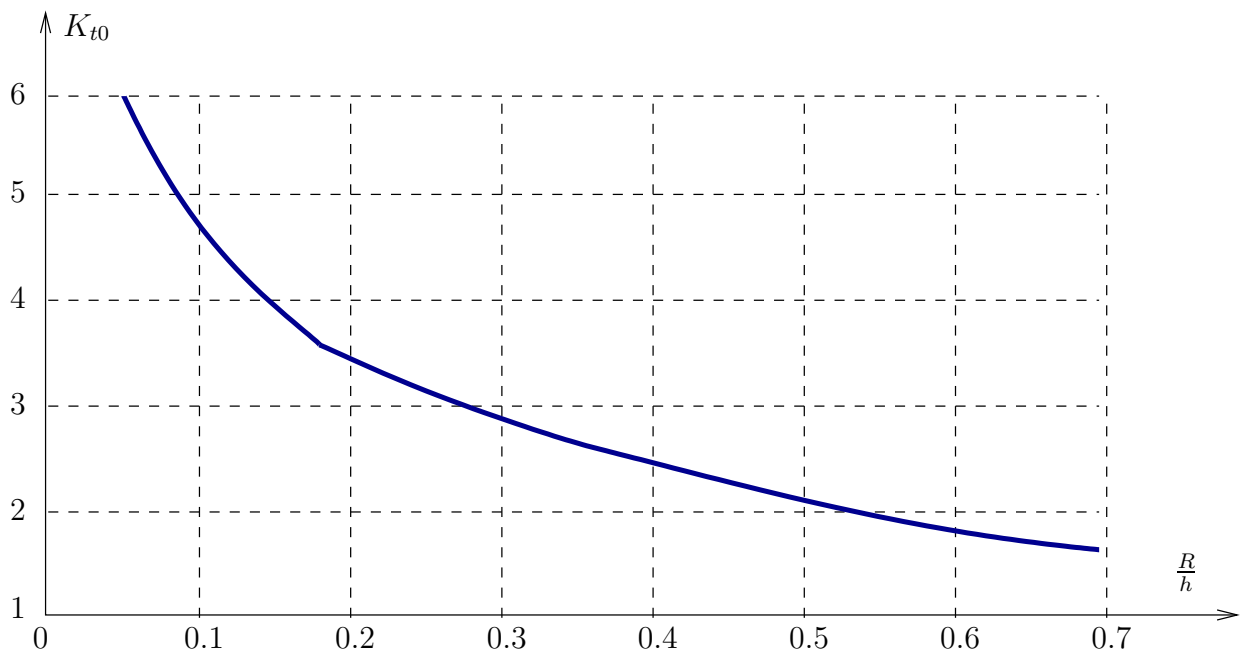
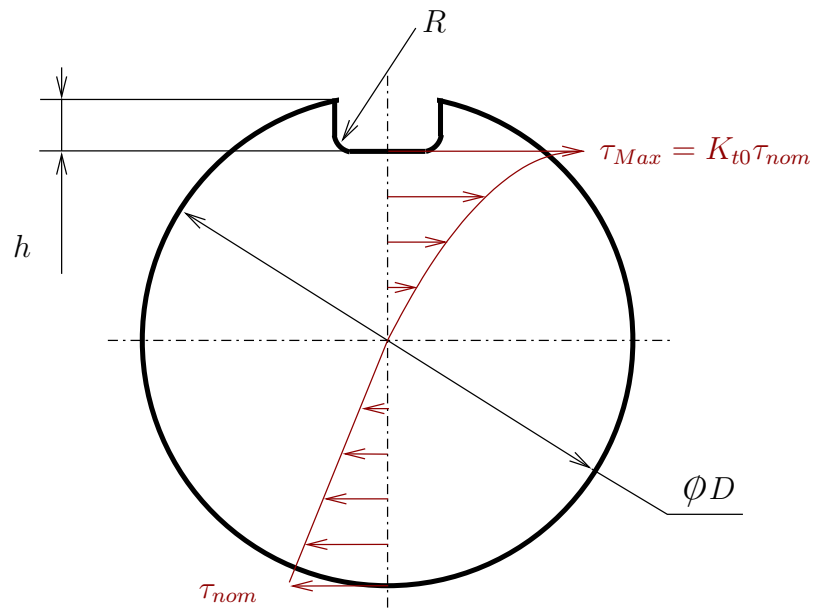


FIG. 8 – Coefficient de concentration de contrainte en torsion pour une section munie d'une rainure de clavette. Précisez le point utilisé.

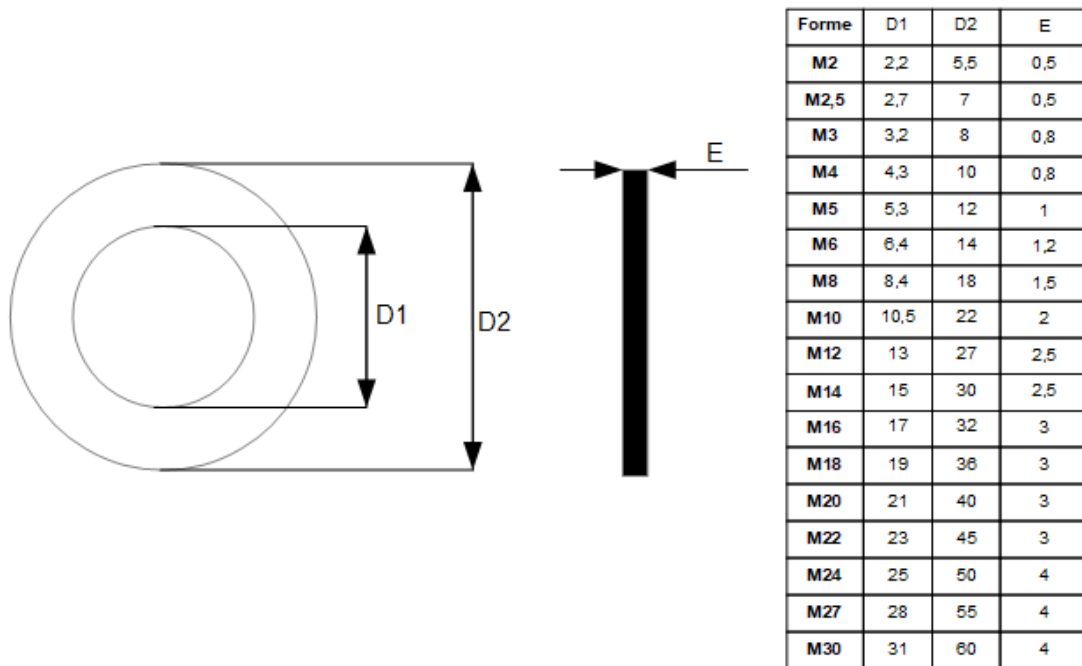


FIG. 9 – Caractéristiques des rondelles plates.

## TOLÉRANCES FONDAMENTALES

DIMENSION NOMINALE	INTERVALLES FONDAMENTAUX DE TOLÉRANCE														
	jusqu'à 1	3	6	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	
01	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4	
0	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6	
1	0,8	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	
2	1,2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
3	2	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
4	3	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
5	4	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
6	6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
7	10	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
8	14	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97	
9	25	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	
10	40	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250	
11	60	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400	
12	100	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630	
13	140	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970	
14	—	250	300	360	430	520	620	740	870	1 000	1 150	1 300	1 400	1 550	
15	—	400	480	580	700	840	1 000	1 200	1 400	1 600	1 850	2 100	2 300	2 500	
16	—	600	750	900	1 100	1 300	1 600	1 900	2 200	2 500	2 900	3 200	3 600	4 000	

FIG. 10 – Tolérances fondamentales.



# ÉCARTS FONDAMENTAUX

TOLÉRANCES		PALIERS DE DIAMÈTRES													
ES	position	jusqu'à													
		3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	
écarts supérieurs	a	-270	-270	-280	-290	-300	-310	-320	-340	-360	-380	-410	-460		
	b	-140	-140	-150	-160	-170	-180	-190	-200	-220	-240	-260			
	c	-60	-70	-80	-95	-110	-120	-130	-140	-150	-170	-180	-200		
	cd	-34	-46	-56											
	d	-20	-30	-40	-50	-65	-80	-100	-120	-145					
	e	-14	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-72	-85					
	ef	-10	-14	-18											
	f	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43					
	fg	-4	-6	-8											
	g	-2	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14					
écarts inférieurs	h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	i	-2	-2	-2	-3	-4	-5	-7	-9	-11					
	j	-4	-4	-5	-6	-8	-10	-12	-15	-18					
	k	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	l	+2	+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+15					
	m	+4	+6	+10	+12	+15	+17	+20	+23	+27					
	n	+6	+12	+15	+18	+22	+26	+32	+37	+43					
	p	+10	+15	+19	+23	+28	+34	+41	+43	+51	+54	+63			
	r	+14	+19	+23	+28	+35	+43	+53	+59	+71	+79	+92			
	s	+18	+23	+28	+33	+41	+48	+54	+66	+75	+91	+104	+122		
toutes qualités	t	+20	+28	+34	+40	+45	+54	+64	+80	+97	+122	+146	+178	+210	+248
	u	+26	+35	+42	+50	+60	+73	+88	+112	+136	+172	+210	+258	+310	+365
	v	+32	+42	+52	+64	+77	+98	+116	+148	+180	+226	+274	+335	+400	+470
	x	+40	+50	+67	+90	+108	+136	+160	+200	+242	+300	+360	+445	+525	+620
	y	+60	+80	+97	+130	+150	+188	+218	+274	+323	+405	+480	+585	+690	+800
	z														
	zc														
	zd														
	ze														
	zf														

**ÉCARTS FONDAMENTAUX POUR LES ALÉSAGES**

o Règle générale  
 Pour les positions A à H → EI = — es (des positions a à h)  
 Pour les positions J à ZC → ES = — ei (des positions j à zc)

o 1<sup>re</sup> exception  
 Position N, qualités 9 à 16, pour cotes nominales ≤ 3 → ES = 0

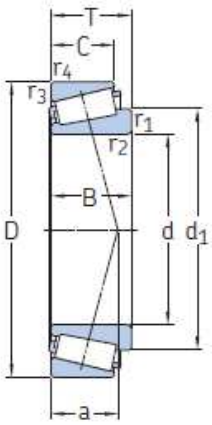
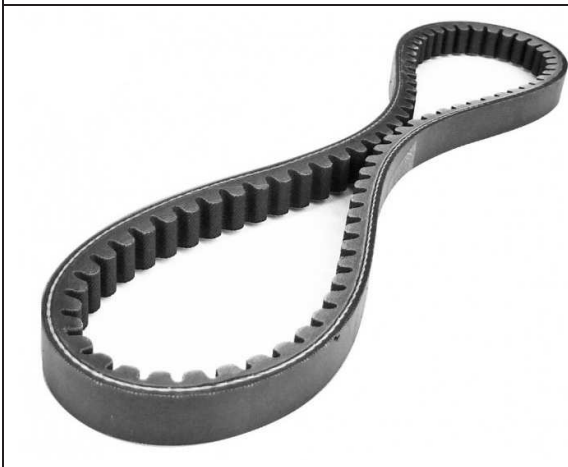
# POUR LES ARBRES

TOLÉRANCES		PALIERS DE DIAMÈTRES												
ES	position	jusqu'à												
		140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	
écarts supérieurs	a	-520	-580	-660	-740	-820	-920	-1050	-1200	-1350	-1500	-1650		
	b	-280	-310	-340	-380	-420	-480	-540	-600	-680	-760	-840		
	c	-210	-230	-240	-260	-280	-300	-360	-400	-440	-480			
	cd	-145												
	d	-85	-170	-190	-210	-230								
	e	-43	-100	-110	-125	-135								
	ef	-14	-50	-56	-62	-68								
	f	-14	-15	-17	-18	-20								
	fg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	g	-11	-13	-16	-18	-20								
toutes qualités	h	-18	-21	-26	-28	-32								
	i	+3	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5		
	j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	k	+15	+17	+20	+21	+23								
	l	+27	+31	+34	+37	+40								
	m	+43	+50	+56	+62	+68								
	n	+65	+77	+84	+94	+98	+108	+114	+126	+132				
	p	+100	+108	+122	+130	+140	+158	+170	+190	+206	+232	+252		
	r	+134	+146	+166	+180	+196	+218	+240	+268	+294	+330	+360		
	s	+190	+210	+236	+258	+284	+315	+350	+390	+435	+490	+540		
écarts inférieurs	t	+228	+252	+284	+310	+340	+385	+425	+475	+530	+595	+660		
	u	+280	+310	+350	+385	+425	+475	+525	+590	+660	+740	+820		
	v	+340	+380	+425	+470	+520	+580	+650	+730	+820	+920	+1000		
	x	+415	+465	+520	+575	+640	+710	+790	+900	+1000	+1100	+1250		
	y	+535	+600	+670	+740	+820	+920	+1000	+1150	+1300	+1450	+1600		
	z	+700	+780	+880	+960	+1050	+1200	+1300	+1500	+1650	+1850	+2100		
	zc	+900	+1000	+1150	+1250	+1350	+1550	+1700	+1900	+2100	+2400	+2600		
	zd													
	ze													
	zf													

o 2<sup>e</sup> exception  
 Positions J, K, M, N, qualités t à 8 } pour cotes nom. > 3 → ES = — ei + Δ  
 Positions P à ZC, qualités l à 7 }  
 avec Δ = IT<sub>n</sub> - IT<sub>n-1</sub> (n = qualité considérée  
 n - 1 = qualité immédiatement plus fine)

o 3<sup>e</sup> exception :  
 Si l'arbre est de qualité immédiatement plus fine que l'alésage, le système à alésage normal et le système à arbre normal donnent en général les mêmes valeurs limites de jeu (ou de serrage) par simple permutation des indices de position de la tolérance.  
 Exemple : 40 H7/k6 et 40 K7/h6 donnent tous deux j = -18

FIG. 11 - Ecartes fondamentaux pour les pièces males.



TAB. 1 – Ecrivez les noms des pièces dans ses cases.